



LANTBRUKSHÖGSKOLAN

UPPSALA

---

# Höjning av nivåerna vid lågvatten- föring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövstabruk

*Ett yttrande över ett yttrande*

Anders Bjerketorp

---

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 80

UPPSALA 1974



LANTBRUKSHÖGSKOLAN  
UPPSALA

---

# Höjning av nivåerna vid lågvatten- förling i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövstabruk

*Ett yttrande över ett yttrande*

Anders Bjerketorp

---

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 80

UPPSALA 1974



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

I.	INLEDNING	1
II.	TESER, TOLKNINGAR OCH KOMMENTARER	2
III.	NYA VÄRNFÖRSLAG MED SÄKRAT MINIMIFLÖDE	9
IV.	HUVUDFÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	10
V.	LITTERATURFÖRTECKNING	11

### Bilaga 1

Avskrift av Lantbruksnämndens i Uppsala län yttrande av den 21 maj 1974 till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning angående Anders Bjerketorps arbete "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning."

(12)

### Bilaga 2

Sammanställning av tolkningarna av de tio huvudmeningarna (teserna) i Lantbruksnämndens i Uppsala län yttrande av den 21 maj 1974 till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning angående Anders Bjerketorps arbete "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning."

(14)

### Bilaga 3

Värnalternativen D25 och D25:39 i reviderade versioner (D25:R1B, D25:R1A, D25:39:R1B och D25:39:R1A). Värnlägen och värnsektioner.

(16)

### Bilaga 4

Anordning för ernående av en viss minsta vattenföring. Teori och beskrivning samt tillämpning på de reviderade värnalternativen.

(20)

### Bilaga 5

Anordning för ernående av en viss minsta vattenföring. Resultande vattenföringskurvor över och under  $q_{NLV}$  vid tillämpning på de reviderade värnalternativen (D25:R1B, D25:R1A, D25:39:R1B och D25:39:R1A).

(32)

# HÖJNING AV NIVÅERNA VID LÅGVATTENFÖRING I FORSMARKSÅNS VATTEN- SYSTEM UPPSTRÖMS LÖVSTABRUK. ETT YTTRANDE ÖVER ETT YTTRANDE.

Av Anders Bjerketorp

## I. INLEDNING

Våren 1974 överlämnade författaren till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning resultaten av en preliminär utredning, utförd enligt uppdrag givet i oktober 1973, rörande höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Utredningsbetänkandet publicerades i maj 1974 (Bjerketorp 1974).

I ett yttrande (Se bilaga 1) daterat 1974-05-21 riktade Lantbruksnämnden i Uppsala län en rad anmärkningar mot ovannämnda preliminära utredning. En kopia av detta Lantbruksnämndens yttrande översändes i juni 1974 till författaren för utlåtande, ett utlåtande som gives med den här föreliggande skriften.

Lantbruksnämndens yttrande synes författaren på åtskilliga punkter dunkelt och svårtolkat. Betydande möda har nedlagts på att penetrera och uttyda texten. En viss osäkerhet kvarstår dock om huruvida gjorda uttydningar alltid överensstämmer med de uppfattningar Lantbruksnämnden önskat uttrycka. Eftersom varje bedömning av en utsaga eller serie av utsagor egentligen alltid utgår från bedömarens tolkning av utsagan eller utsagorna, och eftersom tolkningen i föreliggande fall är osäker, har författaren befunnit lämpligt att öppet redovisa hur han uppfattat texten i Lantbruksnämndens andragande.

Lantbruksnämndens yttrande kan indelas i tio utsagor eller utsagogrupper, här benämnda teser. Var och en av de tio teserna, direkt ledsagad av författarens tolkningsförslag, kommenteras separat i avdelning II nedan ("Tesar, tolkningar och kommentarer"). Tolkningarna har även sammanställts i en kontinuerlig följd i bilaga 2.

Förutom de redan nämnda bilagorna 1 och 2 tillkommer tre bilagor (3, 4 och 5), vilka närmare presenteras i avdelning III ("Nya värförslag med säkrat minimiflöde").

## II. TESER, TOLKNINGAR OCH KOMMENTARER

### TES 1:

#### Originaltext

"...varje av Bjerketorp föreslagen dämningssanordning medför förlängning av de tidsperioder då relativt låg vattenföring råder i vattendraget nedströms dammläget."

#### Tolkningsförslag

"...varje av Bjerketorp föreslagen dämningssanordning skulle enligt Lantbruksnämndens mening förlänga de tidsperioder under vilka relativt liten vattenföring råder nedströms dammen."

#### Kommentarer

Denna första tes är inte på något vis klarlagd genom det anförda "tolkningsförslaget", vilket egentligen bara är en kognitivt helt likvärdig omskrivning av originaltexten (med explicit referens till Lantbruksnämnden). För en verklig interpretering av tesen fordras att det diffusa uttrycket "relativt liten vattenföring" ges en precisare formulering. Om Lantbruksnämnden menar att de föreslagna dämningarna ger en viss, om än liten, förlängning av varaktigheten av alla vattenföringar mindre än varje godtyckligt valt vattenföringsvärde mindre än det flöde som gäller vid nivån för dämningssverkans upphörande (Bjerketorp 1974), så är detta riktigt. Dessa förhållanden sammanhänger med själva dämningens tappningsreducerande effekt (Jfr. Bjerketorp 1974, sid. 2-3), och talet om "varje av Bjerketorp föreslagen dämningssanordning" som orsak, rymmer en sanning utan verklig relevans i sammanhanget. Varje dämning har den nämnda inverknings på vattenföringarnas varaktighet, varje dämning förutsätter en dämningssanordning, men det är inte dämningssanordningen utan dämningen som ger den diskuterade effekten!

TES 2:  
=====

### Originaltext

"I avsaknad av såväl vattenföringsdiagram som kontinuerliga vattenståndsmätningar i de uppströms belägna sjöarna kan några närmare beräkningar av blivande vattenföringar icke göras."

### Tolkningsförslag

"Lantbruksnämnden saknar emellertid reellt underlag för en närmare beräkning av blivande vattenföringar, eftersom utredningsmannen inte redovisat några vattenstånds- och/eller vattenföringsdiagram från vattensystemet uppströms."

### Kommentarer

Det är riktigt att vattenstånds- och vattenföringsdiagram saknas i Bjerketorp (1974). Sådana diagram kunde i och för sig ha givits i stor myckenhet ur fil. mag. Tord Ingmars och författarens rätt omfattande observationsmaterial. Ingmar har förresten redovisat vattenståndsdiagram från en femårsperiod i bilaga 8 till arbetet Ingmar (1973), diagram som den intresserade kan överföra till vattenföringsdiagram med hjälp av de vattenföringskurvor (avbördningskurvor) som har givits i såväl Ingmar (1973) som Bjerketorp (1974). De nämnda diagramtyperna har sitt intresse och sitt obestridda värde, men bör inte skyfflas fram av ren slentrian, vilket beklagligtvis alltför ofta sker i tekniska utredningar av här aktuellt slag. Enligt författarens mening underlättar nämligen i allmänhet inte dessa diagramtyper, dessa primär- eller rådiagram den övergripande insikten i hur en dämning verkar. Bättre instrument för denna förståelse lämnar de sju karakteristiska vattenstånden och vattenföringarna, såsom de presenteras i Bjerketorp (1974), sid. B1:9(28)<sup>1)</sup>. Ett mer önskvärt komplement till det redovisade materialet än vattenstånds- och vattenföringsdiagram är s. k. varaktighetskurvor, t. ex. en för alla år mätningarna pågått, en för de fem torraste åren under observationsperioden, etc. En ungefärlig varaktighetskurva finns på sid. 31 i Ingmar (1973); mer exakta och differentierade kurvor föreligger för närvarande inte publiceringsfärdiga.

<sup>1)</sup> Jfr. även Ingmar (1973), sid. 15-21.

TES 3:Originaltext

"Vid en vattendomstolsprövning av dämningföretaget torde krav från sakägare nedströms komma att framföras om en minsta framrinnande vattenmängd även under torrperioder."

Tolkningsförslag

"Vid en vattendomstolsprövning av dämningföretaget torde sakägare nedströms komma att resa krav på att en viss minsta vattenföring, oberoende av växlande hydrologiska betingelser, skall stipuleras."

Kommentarer

Det bestämda förmodande som uttryckes i denna tes ansluter sig även författaren till, och detta så mycket mer som antagandet framföres just av Lantbruksnämnden, med dennas stora vattenrättsliga erfarenhet och tvivelsutan mycket goda möjligheter att förutse kommande krav från olika intressenter och sakägare (Jfr. Bjerketorp 1974, sid. 12).

TES 4:Originaltext

"Med den utformning föreliggande förslag har kan detta inte garanteras."

Tolkningsförslag

"Ingen av Bjerketorps dämninganordningar kan garantera en sådan minsta vattenföring."

Kommentarer

I strängaste bemärkelse kan ingen anordning som enbart har att förlita sig på det vatten naturen själv levererar till ett avrinningsområde, garantera en viss bestämd minsta vattenföring. Endast om vatten utifrån vid behov kan tillföras systemet, kan garantin vara fullständig. I annat fall kan garanti endast ges med en viss sannolikhet, mindre än den fullständiga. Det är denna garanti i probabilitetsmening som Lantbruksnämnden säkerligen avser, och det är också om denna sorts begränsade garanti vi i fortsättningen talar.

Påståendet i tes 4 är helt riktigt, om därmed avses att en minsta vattenföring av mer än c:a  $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$  med hög sannolikhet skall



säkras. Det ingick emellertid inte i förutsättningarna (direktiven) för den preliminära utredningen att anordningar för säkrande av en viss bestämd minsta vattenföring skulle konstrueras. Önskvärdheten att undvika mycket små vattenföringar berördes dock i utredningsbetänkandet, när den triangulära värnformen avvisades såsom olämplig på grund av dennas starka strypningseffekt på vattenföringar mindre än den vattenföring som råder vid NLV-förhållanden (Bjerketorp 1974, sid. 12). De i Bjerketorp (1974) föreslagna värnalternativen torde med uppskattningsvis över 90 % sannolikhet garantera att den årliga lägstvattenföringen ( $q_{LLV}$ ) inte understiger  $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### TES 5:

##### Originaltext

"Härför erfordras att dammanläggningen kompletteras antingen med en rörledning eller en smalare vertikal öppning i dammkroppen, så dimensionerade att en viss minsta vattenmängd alltid framrinner."

##### Tolkningsförslag

"Härför erfordras, enligt Lantbruksnämndens åsikt, att de föreslagna värnsektionerna kompletteras antingen med en rörledning eller med ett smalt, vertikalt ställt rektangulärt uttag i dammkrönet. I båda fallen gäller, att anordningarna skall ha sådana dimensioner att en viss minsta vattenmängd per tidsenhet alltid framrinner."

##### Kommentarer

Anordningar som med ytterst hög sannolikhet garanterar att vattenföring äger rum, är självfallet utomordentligt enkelt att konstruera för det aktuella vattensystemet. Skall däremot en viss bestämd minsta vattenföring säkras, vilket författaren förutsätter att Lantbruksnämnden menar med frasen "en minsta framrinnande vattenmängd" i tes 3, kan svårigheter uppstå, såvida inte den kritiska kvantiteten per tidsenhet sättes mycket lågt i förhållande till vattensystemets normala utflödeskapacitet. Om man t. ex. med 98 à 99 % säkerhet vill garantera en årslägstvattenföring av  $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$  eller mera vid Pierreslutan, så kan denna målsättning inte förverkligas med några fasta anordningar. Med fasta anordningar avses då sådana anläggningar som inte planeras skola med speciella ingrepp förändras när vattenföringen under torrperioder går ned mot det kritiska värdet.

De framförda förslagen om en rörledning eller ett vertikalt ställt rektangulärt (men knappast särskilt smalt) uttag i dammkrönet, är i princip tillämpbara för att säkra en viss bestämd minsta vattenföring under de i det föregående givna betingelserna, såvida rörledningen resp. uttaget är av "slutakarakter" och kan öppnas successivt när vattenföringen tenderar att nedgå under den önskade mängden per tidsenhet. Ett fast, icke öppningsbart, uttag av samma typ som finns i dammen vid Vendelsjöns utlopp, är således ej användbart under ovan givna förutsättningar (I detta sammanhang kan parentetiskt följande kanske något ovidkommande fakta andragas: Om uttaget i Vendeldammen så att säga överfördes till Pierreslutan breddproportionaliserat med hänsyn till den senare platsens c:a fyra gånger större  $q_{NLV}$  och  $q_{LLV}$ , så skulle det hypotetiska uttaget i Pierreslutandammen bli omkring 2,4 m brett!)

Författaren kommer längre fram i denna skrift att lägga fram ett eget detaljerat förslag till anordning för att säkra en viss bestämd minsta vattenföring vid Pierreslutan (Sid. 9 och bilaga 4).

#### TES 6:

##### Originaltext

"Detta medför att vattenståndet uppströms under torrperioder kommer att sjunka under önskad nivå."

##### Tolkningsförslag

"Under långvariga torrperioder kan säkrandet av en minimivattenföring leda till att vattenståndet uppströms sjunker *m e r* under den tänkta medelnivån (dvs. NLV efter dämning) än vad någon av utredarens värnsektioner tillåter."

##### Kommentarer

Under förutsättning att tolkningen är riktig, har författaren ingenting att invända mot denna närmast självklara tes.

TES 7:  
=====Originaltext

"Varaktigheten av detta 'för låga' vattenstånd kan nedbringas om dammkrönet utformas så att avtrappningen av avrinningen sker snabbare vid sjunkande vattenstånd."

Tolkningsförslag

"Varaktigheten av detta 'för låga' vattenstånd kan nedbringas genom att värnet utformas så att vattenföringen snabbt avtar med sjunkande vattenstånd."

Kommentarer

Denna tes går stick i stäv med den avsikt att undvika snabb avstrykning av vattenföringen som anges på sid. 12 i Bjerketorp (1974), och vad mera är, den är helt oförenlig med ett eventuellt krav på att en viss bestämd minsta vattenföring skall stipuleras (Tes 3; sid. 4).

TES 8:  
=====Originaltext

"I gengäld blir varaktigheten för det något 'för höga' vattenståndet då längre."

Tolkningsförslag

"I gengäld blir vid sådan sektionsutformning varaktigheten av det något 'för höga' vattenståndet längre."

Kommentarer

Innebörden av denna tes synes författaren alltför dunkel för att några egentliga kommentarer skall kunna göras. Möjligen utgör tessen en fortsättning av plaidoyeren i tes 7 för den triangulära värnutformningen. Denna form är emellertid inte lämplig vid Pierre-slutan. Detta har visats i Bjerketorp (1974) och ej vederlagts av Lantbruksnämnden. Se vidare Bjerketorp (1974) sid. 12-14 och (41)-(52).

TES 9:Originaltext

"En avvägning mellan dessa förhållanden så att totalt sett bästa resultatet erhålles får bli avgörande för dammkrönets höjd och form."

Tolkningsförslag

"En avvägning mellan dessa förhållanden så att det totalt sett bästa resultatet erhålles, får avgöra valet av krönhöjd och utformningen av värnsektionen."

Kommentarer

Inga.

TES 10:Originaltext

"Sammanfattningsvis kan således enligt lantbruksnämndens mening inget av de föreslagna alternativen tillstyrkas utan komplettering med bl. a. anordning för en viss minsta lågvattenavrinning."

Tolkningsförslag

"Enligt Lantbruksnämndens mening kan inget av de av Bjerketorp föreslagna värnalternativen tillstyrkas, med mindre än att en komplettering sker framförallt med någon anordning för att säkerställa en viss minimivattenföring."

Kommentarer

Den av Lantbruksnämnden efterlysta kompletteringen med förslag till anordning för att säkerställa en viss bestämd minimivattenföring lämnas nedan under avdelning III (Se även bilaga 4). Många andra anordningar och anordningsvarianter kan tänkas. Innan ytterligare förslag eventuellt utarbetas, bör dock önskemål och förutsättningar för konstruktionsarbetet helst preciseras.

### III. NYA VÄRNFÖRSLAG MED SÄKRAT MINIMIFLÖDE

För att skapa extra gynnsamma förutsättningar för ett av författaren utarbetat system (Se nedan) för att säkra en viss bestämd minimivattenföring vid Pierreslutan föreslås fyra nya värnalternativ (eller kanske snarare fyra nya varianter av två i Bjerketorp 1974 proponerade värnalternativ, D25 och D25:39), två som är lätta revideringar av alternativ D25 och två som endast i begränsad utsträckning avviker från alternativ D25:39 (Bjerketorp 1974).

Om ingen förhöjning av dämmningsverkan över nivån 27,21 mNN/1900/ tänkes tillåten, bör endera av de två första alternativen användas, dvs. de som anknyter till ursprungsalternativet D25. Dessa två första alternativ har åsatts beteckningarna D25:R1B och D25:R1A, av vilka D25:R1B är avsett för värnläge B, och D25:R1A för värnläge A. Närmare beskrivning återfinnes i bilaga 3, sid. B3:3 (värn) och sid. B3:2 (värnlägen). Båda alternativen beräknas för NLV-förhållanden liksom utgångsalternativet D25 höja vattennivån vid Pierreslutan med 0,25 m, vid Ensjön med 0,18 m, vid Finnsjön med 0,14 m och vid Vikasjön med 0,11 m (Jfr. tabell 3 på sid. 6 i Bjerketorp 1974).

Avses uppdämning skola ske med förhöjd gräns för dämmningsverkans upphörande (Bjerketorp 1974, sid. 9-12), tillämpas de båda med alternativ D25:39 nära överensstämmande varianterna. Dämmningsverkan förhöjes då vid Pierreslutan med 0,14 m över nivån 27,21 mNN/1900/ till 27,35 mNN/1900/. Vid Ensjön, Finnsjön resp. Vikasjön upphör dämmningsverkan när nivåerna 27,54, 27,63 resp. 27,69 mNN/1900/ uppnåtts (Jfr. tabell 5 på sid. 12 i Bjerketorp 1974). De båda nya varianterna av alternativ DD25:39 har fått beteckningarna D25:39:R1B och D25:39:R1A, av vilka D25:39:R1B är avsedd för värnläge B, och D25:39:R1A för värnläge A. Närmare beskrivning återfinnes i bilaga 3, sid. B3:4 (värn) och sid. B3:2 (värnlägen). Båda varianterna beräknas för NLV-förhållanden liksom utgångsalternativet D25:39 höja vattennivån vid Pierreslutan med 0,39 m, vid Ensjön med 0,30 m, vid Finnsjön med 0,25 m och vid Vikasjön med 0,21 m (Jfr. tabell 3 på sid. 6 i Bjerketorp 1974).

De fyra föreslagna nya värnalternativen eller värnvarianterna är alla utformade så att den anordning för säkrande av en viss bestämd minsta vattenföring som deduceras, beskrives och exemplifieras i bilaga 4, skall passa dem till fullo. Den nämnda anordningen bygger på ett system av förskjutbara och losstagbara krönplåtar. Exemplifieringen

anknyter direkt till Pierreslutan och till de fyra nya värnvarianterna. Två exempel ges: Det första med vattenståndssänkningen,  $\Delta h$ , mellan två nedflyttningar av sänkningselement (Se bilaga 4) lika med 5 mm, det andra med  $\Delta h$  lika med 10 mm. Båda exemplen har försetts med vattenföringskurvor (avbördningskurvor), vilka återges i bilaga 5.

#### IV. HUVUDFÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Enligt författarens mening bör Ensjöns nivå vid NLV-regim höjas med 0,30 m, vilket synes motsvara den sänkning av medellägstvattenståndet som skett för perioden fr. o. m. 1955 i jämförelse med tiden före dämningsepoken (Bjerketorp 1974; Ingmar 1973, 1974). Uppdämningen vid Ensjön åvägabringas främst av praktiska skäl helst genom en uppdämning vid Pierreslutan, c:a 1,8 km nedströms sjöns utlopp. På grund av att en viss dämningshöjdförlust inträder på sträckan mellan Pierreslutan och Ensjön, så måste uppdämningen vid Pierreslutan vara 0,39 m vid NLV-förhållanden (Bjerketorp 1974).

Med hänsyn till den estetiskt och kulturhistoriskt värdefulla miljön vid Pierreslutan bör värnläge A möjligen föredragas framför värnläge B.

På grund av svårigheterna att utföra vattennivåobservationer med absolut millimeterprecision, samt med tanke på att krönplåtarna till anordningen för säkrande av en viss bestämd minsta vattenföring kanske helst inte skall behöva röras alltför ofta vid inträffade extrema torrperioder, föreslås att vattenståndssänkningen,  $\Delta h$ , mellan två nedflyttningar av sänkningselement (dvs. krönplåtar) sättes till 10 mm.

Sammanfattningsvis vill författaren i anslutning till vad som nu anförts föreslå att det nya värnalternativet D25:39:R1A (Uppdämning 0,39 m vid Pierreslutan; förhöjning av dämningssverkan 0,14 m) kommer till användning, och att parametern  $\Delta h$  för anordningen för säkrande av en viss minsta vattenföring tilldelas värdet 0,01 m.

V. LITTERATURFÖRTECKNING<sup>1)</sup>

Bjerketorp, A. 1974. Højning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning. Lantbrukshögskolan. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck nr 75. Uppsala.

Ingmar, T. 1973. Ursprungliga vattenståndsförhållanden mellan Vikasjön och Pierreslutan i Forsmarksåns vattenområde. Länsstyrelsen i Uppsala län. Naturvårdsenheten. Uppsala.

Ingmar, T. 1974. Angående vattenståndsförhållandena i sjökedjan Vikasjön-Ensjön. Yttrande avgivet till Länsstyrelsen i Uppsala län den 15 februari 1974. Länsstyrelsen i Uppsala län. Naturvårdsenheten. Stencil (7 s.). Uppsala.

<sup>1)</sup> Observera att bilaga 4 har en särskild litteraturförteckning;  
Se sid. B4:10 (29)

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande.

Av Anders Bjerketorp

Avskrift av Lantbruksnämndens i Uppsala län yttrande av den 21 maj  
1974 till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning angående  
Anders Bjerketorps arbete "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring  
i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär  
utredning."



Lantbruksnämndens i Uppsala län yttrande av den 21 maj 1974 till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning angående Anders Bjerketorps arbete "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning."

- - - - -  
Utredning angående vattenföringen i Forsmarksåns vattensystem  
av Anders Bjerketorp

---

Lantbruksnämnden i Uppsala län som anmodats avgiva yttrande över rubr. utredning får med anledning härav anföra följande.

I största allmänhet kan sägas, att varje av Bjerketorp föreslagen dämningssanordning medför förlängning av de tidsperioder då relativt låg vattenföring råder i vattendraget nedströms dammläget. I avsaknad av såväl vattenföringsdiagram som kontinuerliga vattenståndsmätningar i de uppströms belägna sjöarna kan några närmare beräkningar av blivande vattenföringar icke göras.

Vid en vattendomstolsprövning av dämningföretaget torde krav från sakägare nedströms komma att framföras om en minsta framrinnande vattenmängd även under torrperioder. Med den utformning föreliggande förslag har kan detta inte garanteras. Härför erfordras att dammläggningen kompletteras antingen med en rörledning eller en smalare vertikal öppning i dammkroppen, så dimensionerade att en viss minsta vattenmängd alltid framrinner. Detta medför att vattenståndet uppströms under torrperioder kommer att sjunka under önskad nivå. Varaktigheten av detta "för låga" vattenstånd kan nedbringas om dammkrönet utformas så att avtrappning av avrinningen sker snabbare vid sjunkande vattenstånd. I gengäld blir varaktigheten för det något "för höga" vattenståndet då längre. En avvägning mellan dessa förhållanden så att totalt sett bästa resultatet erhålles får bli avgörande för dammkrönets höjd och form.

Sammanfattningsvis kan således enligt lantbruksnämndens mening inget av de föreslagna alternativen tillstyrkas utan komplettering med bl. a. anordning för en viss minsta lågvattenavrinning.

På lantbruksnämndens vägnar

Åke Anderson  
Lantbruksdirektör

Anders Nylander  
Ingenjör

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande.

Av Anders Bjerketorp

Sammanställning av tolkningarna av de tio huvudmeningarna (teserna) i  
Lantbruksnämndens i Uppsala län yttrande av den 21 maj 1974 till Läns-  
styrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning angående Anders Bjerke-  
torps arbete "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns  
vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning."

Sammanställning av tolkningarna av de tio huvudmeningarna (teserna) i Lantbruksnämndens i Uppsala län yttrande av den 21 maj 1974 till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning angående Anders Bjerketorps arbete "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning."

...varje av Bjerketorp föreslagen dämningssanordning skulle enligt Lantbruksnämndens mening förlänga de tidsperioder under vilka relativt liten vattenföring råder nedströms dammen. Lantbruksnämnden saknar emellertid reellt underlag för en närmare beräkning av blivande vattenföringar, eftersom utredningsmannen inte redovisat några vattenstånds- och/eller vattenföringsdiagram från vattensystemet uppströms.

Vid en vattendomstolsprövning av dämningss företaget torde sakägare nedströms komma att resa krav på att en viss minsta vattenföring, oberoende av växlande hydrologiska betingelser, skall stipuleras. Ingen av Bjerketorps dämningssanordningar kan garantera en sådan minsta vattenföring. Härför erfordras, enligt Lantbruksnämndens åsikt, att de föreslagna värnsektionerna kompletteras antingen med en rörledning eller med ett smalt, vertikalt ställt rektangulärt uttag i dammkrönet. I båda fallen gäller, att anordningarna skall ha sådana dimensioner att en viss minsta vattenmängd per tidsenhet alltid framrinner. Under långvariga torrperioder kan säkrandet av en minimivattenföring leda till att vattenståndet uppströms sjunker m e r under den tänkta medelnivån (dvs. NLV efter dämning) än vad någon av utredarens värnsektioner tillåter. Varaktigheten av detta "för låga" vattenstånd kan nedbringas genom att värnet utformas så att vattenföringen snabbt avtar med sjunkande vattenstånd. I gengäld blir vid sådan sektionsutformning varaktigheten av det något "för höga" vattenståndet längre. En avvägning mellan dessa förhållanden så att det totalt sett bästa resultatet erhålles, får avgöra valet av krönhöjd och utformningen av värnsektionen.

Enligt Lantbruksnämndens mening kan inget av de av Bjerketorp föreslagna värnalternativen tillstyrkas, med mindre än att en komplettering sker framförallt med någon anordning för att säkerställa en viss minimivattenföring.

Bilaga 3

till

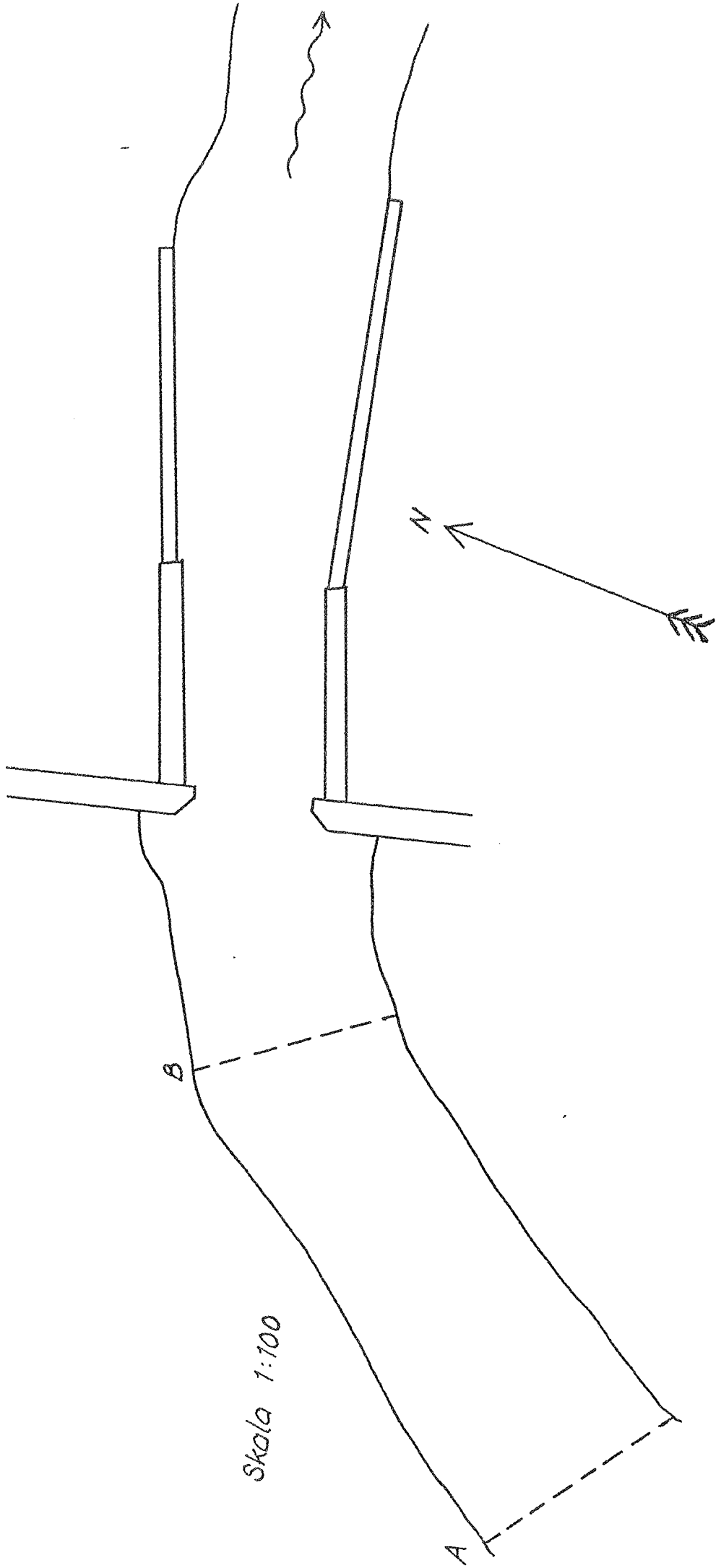
Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vatten-  
system uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande.

Av Anders Bjerketorp

Värnalternativen D25 och D25:39 i reviderade versioner (D25:R1B, D25:R1A,  
D25:39:R1B och D25:39:R1A). Värnlägen och värnsektioner.

Pierreslutan, Lövstabruk  
=====  
Värnläge B och A.

Skala 1:100



Pierreslutan, Lövestabruk  
=====

Uppdämningsalternativen D25:R1B och D25:R1A.

Alternativ D25:R1B (Läge B):

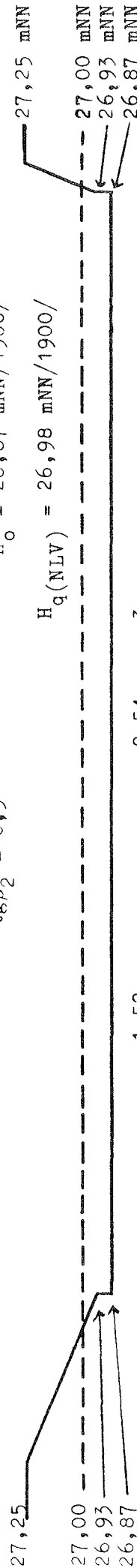
$$tg\beta_1 = 2,5$$

$$tg\beta_2 = 0,5$$

$$b_b = 4,80 \text{ m} \quad b_d = 5,64 \text{ m}$$

$$H_o = 26,87 \text{ mNN}/1900/$$

$$H_q(NLV) = 26,98 \text{ mNN}/1900/$$



$$q = 9,36 h_1^{1,52} + 2,34 (h_1 - 0,06)^{2,54} \quad (m^3/s); \quad 0,06 \leq h_1 \leq 0,38$$

$$q = 9,36 h_1^{1,52} \quad (m^3/s); \quad h_1 \leq 0,06 \text{ m}$$

$$q_{27,21} = 1,91 \text{ m}^3/s$$

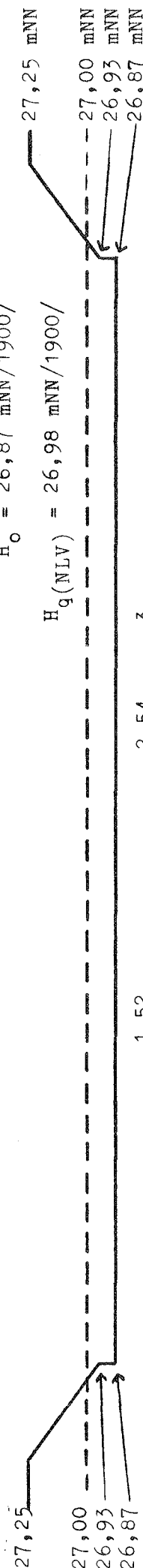
Alternativ D25:R1A (Läge A):

$$tg\beta_1 = tg\beta_2 = 1,5$$

$$b_b = 4,80 \text{ m} \quad b_d = 5,64 \text{ m}$$

$$H_o = 26,87 \text{ mNN}/1900/$$

$$H_q(NLV) = 26,98 \text{ mNN}/1900/$$



$$q = 9,36 h_1^{1,52} + 2,34 (h_1 - 0,06)^{2,54} \quad (m^3/s); \quad 0,06 \leq h_1 \leq 0,38$$

$$q = 9,36 h_1^{1,52} \quad (m^3/s); \quad h_1 \leq 0,06 \text{ m}$$

$$q_{27,21} = 1,91 \text{ m}^3/s$$

Pierreslutan, Lövestabruk  
=====

Uppdämningsalternativen D25:39:R1B och D25:39:R1A.

Alternativ D25:39:R1B (Läge B):

$$tg\beta_1 = 2,5$$

$$tg\beta_2 = 0,5$$

$$b_b = 4,80 \text{ m} \quad b_d = 5,34 \text{ m}$$

$$H_o = 27,01 \text{ mNN}/1900/$$

$$H_{q(NLV)} = 27,12 \text{ mNN}/1900/$$

$$q = 9,36 h_1^{1,52} + 2,34 (h_1 - 0,06)^{2,54} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$q = 9,36 h_1^{1,52} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$q_{27,21} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(\text{m}^3/\text{s}); \quad 0,06 \leq h_1 \leq 0,24$$

$$h_1 \leq 0,06 \text{ m}$$

27,25 mNN  
27,07 mNN  
27,00 mNN

Alternativ D25:39:R1A (Läge A):

$$tg\beta_1 = tg\beta_2 = 1,5$$

$$b_b = 4,80 \text{ m} \quad b_d = 5,34 \text{ m}$$

$$H_o = 27,01 \text{ mNN}/1900/$$

$$H_{q(NLV)} = 27,12 \text{ mNN}/1900/$$

$$q = 9,36 h_1^{1,52} + 2,34 (h_1 - 0,06)^{2,54} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$q = 9,36 h_1^{1,52} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$q_{27,21} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(\text{m}^3/\text{s}); \quad 0,06 \leq h_1 \leq 0,24$$

$$h_1 \leq 0,06 \text{ m}$$

27,25 mNN  
27,07 mNN  
27,00 mNN

Bilaga 4

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vatten-  
system uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande.

Av Anders Bjerketorp

Anordning för ernående av en viss minsta vattenföring.

Teori och beskrivning samt tillämpning på de reviderade värnalternativen.



# ANORDNING FÖR ERNÅENDE AV EN VISS MINSTA VATTENFÖRING. =====

Teori och beskrivning samt tillämpning  
på de reviderade värnalternativen.

## 1. TEORI

Enligt Polenis klassiska sätt att beräkna utflöde genom uppåt icke slutna öppningar, kan vattenföringen över ett rektangulärt värn med fritt överfall uttryckas genom ekvationen

$$q = \frac{2}{3} \mu_1' \sqrt{2g} \cdot b_b \cdot h_1^{1,5} = C_R \cdot b_b \cdot h_1^{1,5} \quad /1/$$

där  $q$  = vattenföring

$\mu_1'$  = utströmningskoefficient enligt Poleni (eller Poleni-DuBuat)

$g$  = tyngkraftsaccelerationen

$b_b$  = värnbredden

$h_1$  = bestämmande vattenytans höjd över värnkrönet (värntröskeln)

Bestämmande vattenyttehöjd enligt det Poleniska betraktelsesättet är den vattenyttehöjd över värntröskeln som råder före den värnnära sänkning som hänger samman med vattnets hastighetsökning fram mot värnkanten.

Omfattande empiriska rön, liksom även teoretiska överväganden, har visat att Polenis utströmningskoefficient inte är beroende av  $h_1$  ens om uppströmsdammen har sådana dimensioner att vattnets tillströmningshastighet kan försummas. I praktiken ökar dessutom vanligen  $\mu_1'$ :s beroende av  $h_1$  mer eller mindre mycket på grund av ej helt försumbar tillströmningshastighet, vars inverkan generellt växer med ökande  $h_1$ . En klassisk metod att i Polenis formel bygga in tillströmningshastighetens inverkan uttryckes av Weisbachs formel (Weisbach 1841) för rektangulära värn med fritt överfall, vilken lyder

$$q = \frac{2}{3} \mu_1' \cdot \sqrt{2g} \cdot b_b \cdot \left( \left( h_1 + \frac{v_0^2}{2g} \right)^{1,5} - \left( \frac{v_0^2}{2g} \right)^{1,5} \right) \quad /2/$$

där  $v_0$  = tillströmningshastigheten

Tillströmningshastigheten (eg. tillströmningsmedelhastigheten) kan i princip uttryckas som en funktion av  $q$  (implicit!) och av tillloppsrännsans geometriska karakteristika. Detta uttryckssätt ger emellertid upphov till relativt obekväma passningsekvationer, och dessutom kvarstår det faktum att utströmningskoefficienten inte är en äkta konstant (Se föregående sida). Man brukar därför istället använda empiriska ekvationer, vilka tar hänsyn såväl till tillströmningshastighetens allmänna beroende av den bestämmande höjden samt därtill uttrycker flödet  $q$  rent explicit. I dessa ekvationer ersättes i princip  $\mu_1'$  i Polenis formel med en variabel utströmningskoefficient, här betecknad  $\mu_1$ . Denna variabla koefficient ges i t.ex. Hégly (1921) och Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (1924; Se även Seitz 1926) i tämligen komplicerade uttryck som funktion av bestämmande höjd, värntröskelns höjd över lugnbassängbotten samt förhållandet mellan värnbredd och lugndammsbredd. Flera undersökningar har emellertid visat att den variabla utströmningskoefficienten för varje givet värn med god approximation kan uttryckas enligt den enkla formeln

$$\mu_1 = \mu_1' \cdot h_1^\epsilon = \mu_0 \cdot h_1^\epsilon \quad /3/$$

där  $\mu_1$  = den variabla utströmningskoefficienten

$$\mu_1' = \mu_0 = \text{en konstant} \quad (= \mu_1 \text{:s värde då } h_1 = \text{måtenheten})$$

$\epsilon$  = en liten exponent, giltig endast för ett visst bestämt överfallsvärn. I  $\epsilon$  kan inverkan av värntröskelns höjd över dammbotten och förhållandet mellan värnbredd och lugndammsbredd sägas ingå som parametrar.

Utbytes  $\mu_1'$  i ekvation /1/ mot  $\mu_1$  i ekvation /3/ erhålles

$$q = \frac{2}{3} \cdot \mu_1' \cdot \sqrt{2g} \cdot b_b \cdot h_1^{1,5 + \epsilon} = C_R \cdot b_b \cdot h_1^{1,5 + \epsilon} \quad /4/$$

Vi tänker oss nu en period med liten och monotont avtagande vattenföring över ett visst värn. Om den höjd över värntröskeln uppnås som ger en viss önskad minsta vattenföring, så kan vattenföringen teoretiskt hindras att minska ytterligare genom att värntröskeln sänkes i samma takt som vattennivån sjunker. Vi vill emellertid här utveckla en kanske mera praktisk lösning, som innebär att flödet efter uppnåendet av det kritiska minimivärdet momentant ökas med ett visst belopp  $\Delta q$ , genom att värntröskeln sänkes med höjden  $d$  på en sträcka  $b_1'$ . Minskar sedan

vattenföringen åter ned till den kritiska gränsen, kan flödet ånyo ökas genom att en ny sträcka,  $b'_2$ , av värntröskeln sänkes med beloppet  $d$  ( $d$  kan lämpligen benämnas förskjutningsmodulen). På detta sätt kan man fortsätta till dess att hela värntröskeln sänkts med höjden  $d$ , varefter man kan börja om från början med en ny sänkningssomgång och successivt sänka den nya krönhöjden, som lämpligen kan kallas den nya bestämmande tröskelhöjden (krönhöjden) med beloppet  $d$ . De successiva sänkningarna kan t. ex. åvägabringas med hjälp av vertikalt förskjutbara plåtar (sänkningselement) med längden  $b'_i$ .

Man kan, utgående från ekvation /4/, lätt visa att följande relationer gäller

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=k} b'_i &= S = \frac{q_{\min,0} - C_R \cdot b'_i \cdot \zeta^p}{C_R \cdot ((\zeta + d)^p - \zeta^p)} \\ \zeta &= \zeta_0 - k \cdot \Delta h \\ p &= 1,5 + \epsilon \end{aligned} \right\} \quad /5/$$

$$b'_k = \sum_{i=1}^{i=k} b'_i - \sum_{i=1}^{i=k-1} b'_i \quad /6/$$

där  $S$  = sammanlagda längden av under senaste sänkningssomgången nedflyttade plåtar (sänkningselement)

$b'_i$  = längden av det  $i$ :te sänkningselementet

$b'_k$  = längden av det  $k$ :te sänkningselementet ( $k$  = ett bestämt värde på  $i$ )

$q_{\min,0}$  = önskad lägsta vattenföring

$\zeta$  = vattennivå över bestämmande tröskel<sup>1)</sup>

$\zeta_0$  = vattennivå över bestämmande tröskel<sup>1)</sup>, då denna är obruten i hela sin längd

$\Delta h$  = önskad vattenståndssänkning mellan två nedflyttningar av sänkningselement

$d$  = sänkningselementens förskjutningsmodul

<sup>1)</sup> vid  $q = q_{\min,0}$

Vidare kan visas att

$$\left. \begin{aligned} q_{\max,r} &= C_R \cdot ((b_b - S) \cdot \zeta_1^p + S \cdot (\zeta_1 + d)^p) \\ \zeta_1 &= \zeta + \Delta h \end{aligned} \right\} \quad /7/$$

där

$q_{\max,r}$  = flödet omedelbart efter nedflyttningen av ett förskjutnings-element

$\zeta_1$  = vattennivån över bestämmande tröskel vid  $q = q_{\max,r}$

Dessutom gäller att

$$q_{\min,r} = C_R \cdot ((b_b - S) \cdot \zeta^p + S \cdot (\zeta + d)^p) \quad /8/$$

där

$q_{\min,r}$  = flödet omedelbart före nedflyttningen av ett förskjutnings-element.  $q_{\min,r}$  skall vara approximativt lika med  $q_{\min,0}$ .

Vidare gäller

$$\Delta q = q_{\max,r} - q_{\min,r} \quad /9/$$

Funktionsförloppet mellan  $q_{\max,r}$  och  $q_{\min,r}$  beskrives av följande ekvation

$$q = C_R \cdot ((b_b - S) \cdot h_1^p + S \cdot (h_1 + d)^p) \quad /10/$$

Genom differentiering av denna ekvation och integrering mellan gränserna  $q_{\max,r}$  och  $q_{\min,r}$  samt tillämpning av integrala medelvärdessatsen erhålles

$$\left. \begin{aligned} \bar{q} &= \frac{C_R}{\Delta h \cdot p'} \cdot ((b_b - S) \cdot (\zeta_1^{p'} - \zeta^{p'}) + S \cdot ((\zeta_1 + d)^{p'} - (\zeta + d)^{p'})) \\ p' &= p + 1 \end{aligned} \right\} \quad /11/$$

där  $\bar{q}$  = medelvattenföring mellan höjderna  $\zeta_1$  och  $\zeta$  över bestämmande tröskelhöjd

## 2. PRINCIPIELL BESKRIVNING

Den föreslagna anordningen består i princip av ett antal förskjutningsbara och löstagbara skenor eller plåtar (förskjutningselement), anfästade på uppströmssidan av en fast skena (Jfr. Bjerketorp 1974, sid. 8). De förskjutbara plåtarnas längder bestäms genom insättning av aktuella parametervärden i ekvationerna /5/ och /6/, medan den fasta skenans längd är lika med värntröskelns bredd ( $b_p$ ) eller, uttryckt på ett annat sätt, lika med summan av de förskjutbara plåtarnas längder. Höjden (bredden) av de förskjutbara och löstagbara plåtarna skall vara ungefär antalet sänkningssomgångar multiplicerat med dubbla sänkingsmodulen (Se nedan).

De förskjutbara plåtarna skall tillverkas av galvaniserat järn, av rostfritt stål eller av mässing, medan den fasta skenan utföres av galvaniserat järn eller eventuellt endast rostskyddsmålat järn. Såväl de förskjutbara plåtarna som den fasta skenan skall vara skarpkantgjorda genom avfasning av deras nedströmssidor. Avfasningen skall bilda 60 graders vinkel mot horisontalplanet. Den skarpa kanten skall vara högst 0,002 m (= 2 mm) tjock. Betydelsen av den skarpa kantens utformning har undersökts av bl. a. E. Zschiedrich i Dresden (Zschiedrich 1939).

Förskjutningsmodulen (sänkingsmodulen),  $d$ , väljes så att den bestämmande vattennivån,  $\zeta$ , över bestämmande tröskel (Jfr. sid B4:4) lägst antar värdet 0,02 m omedelbart före nedflyttningen (eller borttagandet) av sista förskjutningselementet i en sänkningssomgång. Anledningen till detta är att utströmningsskoefficienten,  $\mu_1$ , är alltför svårberäknelig vid bestämmande vattennivåer under 0,02 m. Man bör, oberoende av värnets utformning för övrigt, tillse att utskovsöppningen till en höjd av minst en förskjutningsmodul plus 0,02 m över värntröskelns normalläge är rektangulär.

Antalet sänkningssomgångar kan väljas godtyckligt upp till det antal som tillgänglig fallhöjd (överfallet bör hållas "fritt", dvs. icke submergerat) samt hållfasthetskrav medger. Sista omgången skall alltid innebära att de förskjutbara och löstagbara plåtarna helt avlägsnas. Fig B4:1 på sid. B4:11 visar schematiskt ett system med tre sänkningssomgångar (b, c och d) med förskjutningsmodulen (sänkingsmodulen) 0,04 m.

### 3. TILLÄMPNING PÅ DE REVIDERADE VÄRNALTERNATIVEN

Vi övergår nu till att redogöra för två konkreta exempel på tillämpning av den föreslagna anordningen för att säkra en viss minsta vattenföring vid Pierreslutan, Lövestabruk. Båda exemplen är direkt anpassade till de fyra reviderade värnalternativ som redovisas i bilaga 3 till "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande." Exempel 1 är ett tämligen utförligt behandlat typexempel, medan exempel 2, som genomgås mera översiktligt, är en av de många tänkbara varianter till exempel 1 vilka erhålls om parametern  $\Delta h$  (vattenståndssänkning mellan två nedflyttningar av sänkningselement) tilldelas skiftande värden.

#### 3.1. Exempel 1 (typexempel)

Vi gör det hypotetiska antagandet att den önskade lägsta vattenföringen,  $q_{\min,0}$ , är  $0,130 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vidare förutsätter vi att minimivattenföringen önskas säkrad under iakttagande av stor sparsamhet med tillgängligt (=tappningsbart) vattenförråd, varför vattenståndssänkningen,  $\Delta h$ , mellan två nedflyttningar av sänkningselement åsättes ett så lågt värde som  $0,005 \text{ m}$  ( $5 \text{ mm}$ ). Detta innebär att i en situation då tillrinningen till sjösystemet endast motsvarar avdunstningen från detsamma, så måste ett förskjutningselement flyttas var tredje dygn (Sjömagasinet's areal vid aktuella dämningarnivåer beräknas vara drygt  $700 \text{ ha}$ . Jfr. Berg 1945). Slutligen väljer vi förskjutningsmodulen  $0,04 \text{ m}$  och sätter vattennivån,  $\zeta_0$ , över bestämmande tröskel vid  $q = q_{\min,0}$ , då denna är obruten i hela sin längd, till  $0,06 \text{ m}$  (Jfr. sid. B4:4 och sid. B4:6). Antalet sänkningsomgångar begränsas till tre, som visas i fig B4:1 på sid. B4:11. Totala sänkningssmöggheten är  $0,12 \text{ m}$  fördelad på 24 steg à  $0,005 \text{ m}$ . De förskjutbara och löstagbara plåtarnas detaljutformning framgår av fig. B4:2 på sid. B4:12. På vilken sida om överfallsvärnet som plåtarna skall anfastas och hur de skall skarpkantgöras redogörs för på sid. B4:6, där också lämpliga tillverkningsmaterial omnämnes.

De ovan givna siffervärdena samt följande siffervärden på de storheter som är karakteristiska för värnens utströmningsekvation, nämligen  $\sigma_R = 1,95 \text{ m}^{0,48}/\text{s}$ ,  $b_b = 4,80 \text{ m}$  ( $C_R \cdot b_b = 9,36 \text{ m}^{1,48}/\text{s}$ ) och  $\epsilon = 0,02$  ( $p = 1,52$ ), insättes i ekvationerna /5/, /6/, /7/, /8/ och /11/. Beräkningsresultaten är samlade i tabell B4:1 på nästa sida. De beräknade  $b'_k$

värdena har justerats (jämkats) så att de åtta förskjutningsbara skenorna (plåtarna) endast förekommer i fyra olika längder. Plåtarna skall alltid förskjutas i nummerordning. Vattenföringskurvorna får ett sågtandsformat utseende i det vattenståndsområde varest successiv tröskelsänkning är aktuell. Detta åskådliggöres grafiskt på sid. B5:3 och sid. B5:6 i bilaga 5 till "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövstabruk. Ett yttrande över ett yttrande."

Tabell B4:1

De förskjutbara plåtarnas inbördes placering och längd samt  $q_{\max,r^-}$ ,  $q_{\min,r^-}$  och  $\bar{q}$ -värden (i en sänkningssomgång) enligt exempel 1.

Plåt nr. (k)	7	5	3	1	2	4	6	8
beräkn. värden	0,667	0,599	0,557	0,519	0,542	0,576	0,629	0,717
$b'_k$ (m) jämkade värden	0,690	0,620	0,560	0,530	0,530	0,560	0,620	0,690
$q_{\max,r}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147	0,146	0,147	0,147
$q_{\min,r}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,131	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
$\bar{q}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,139	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138

### 3.2. Exempel 2 (variantexempel)

Om vattenståndssänkningen,  $\Delta h$ , mellan två nedflyttningar ökas från exempel 1:s 0,005 m till 0,010 m, nedbringas under i övrigt identiska förutsättningar antalet förskjutbara plåtar (sänkningselement) från åtta till fyra, medan vattenåtgången (medelvattenföringen) ökar knappt 7 % från 0,138 till 0,147 m<sup>3</sup>/s. Vid balans mellan tillrinning och avdunstning behöver inte plåtarna röras fler än två gånger på elva dygn. Tabell B4:2 på nästa sida återger data för exempel 2, analoga med de uppgifter som tabell B4:1 ovan givit för exempel 1. Exempel 2:s "sågtandskurvor" återges grafiskt på sid. B5:4 och sid. B5:7 i bilaga 5 till "Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövstabruk. Ett yttrande över ett yttrande."

Tabell B4:2

De förskjutbara plåtarnas inbördes placering och längd samt  $q_{\max,r^-}$ ,  $q_{\min,r^-}$  och  $\bar{q}$ -värden (i en sänkningssomgång) enligt exempel 2.

Plåt nr. (k)	3	1	2	4
beräkn. värden	(1,226)	(1,061)	(1,128)	(1,384)
$b'_k$ (m)				
jämkade värden	1,230	1,060	1,130	1,380
$q_{\max,r}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,164	0,164	0,163	0,164
$q_{\min,r}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,130	0,130	0,130	0,130
$\bar{q}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,147	0,147	0,147	0,147



4. LITTERATURFÖRTECKNING

Berg, S. O. 1945. Utredning angående torrläggning av vissa områden i norra Uppland. Del 1. Maskinskrift. Uppsala.

Bjerketorp, A. 1974. Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning. Lantbrukshögskolan. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck nr 75. Uppsala.

Hégly, V.-M. 1921. Expériences sur des déversoirs à nappe libre avec contraction latérale. Annales des Ponts et Chaussées. Partie Technique. 91<sup>e</sup> année, 11<sup>e</sup> série 65:6, s. 290-389, pl. 9-10. Paris.

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. 1924. Normen für Wassermessung bei Durchführung von Abnahmeversuchen an Wasserkraftmaschinen. Zürich.

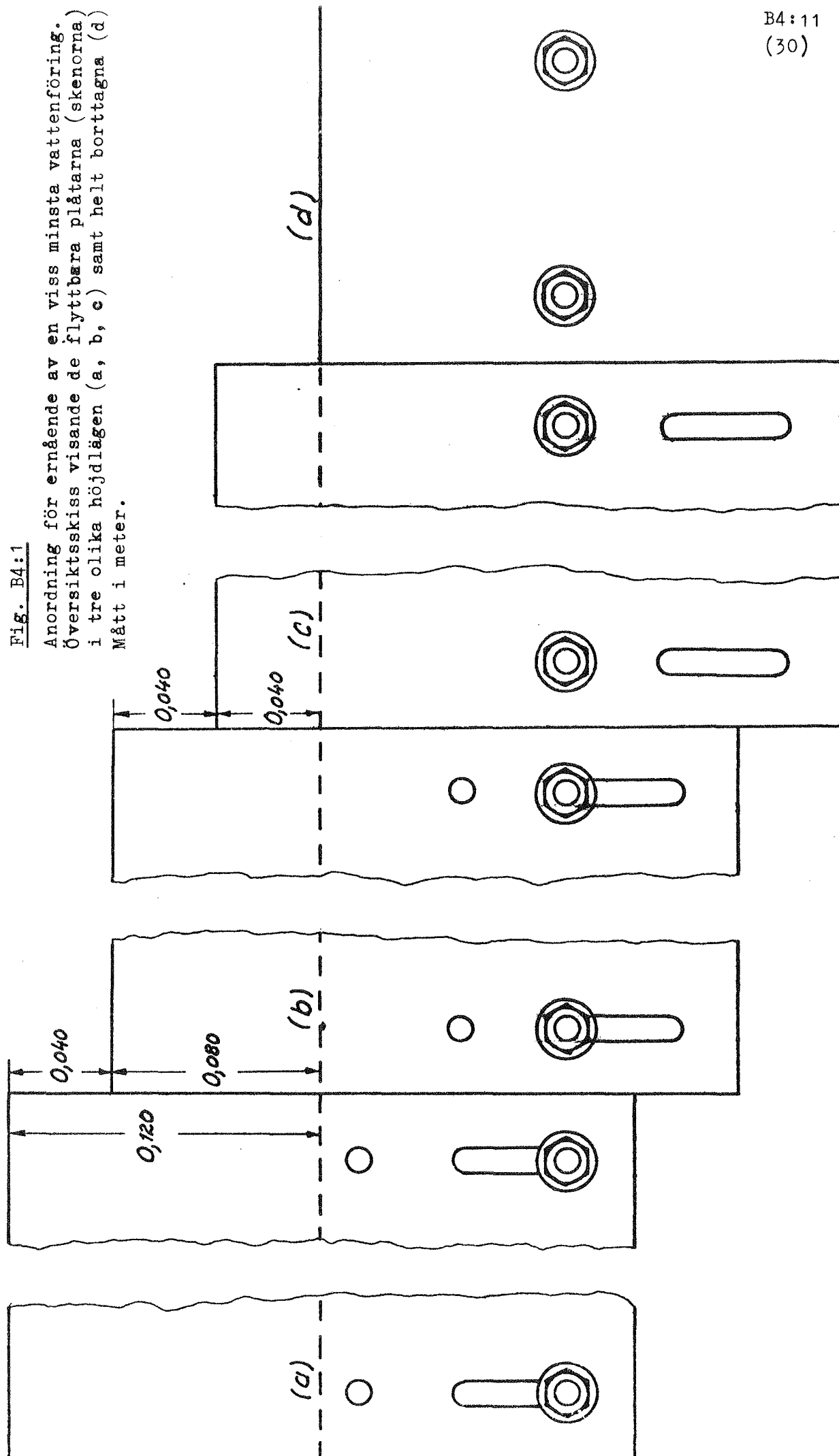
Seitz, E. 1926. Die S.I.A.-Normen für Wassermessungen. Schweizerische Bauzeitung 88:1, s. 17-18. Zürich.

Weisbach, J. 1841. Ausfluss. Hüllses Maschinen-Enzyklopädie, Band 1, s. 408-656. Leipzig.

Zschiedrich, E. 1939. Neue Untersuchungen an Ueberfällen mit Seiteneinschnürung. Dissertation TH Dresden 1938. Robert Noske, Borna-Leipzig (1939).

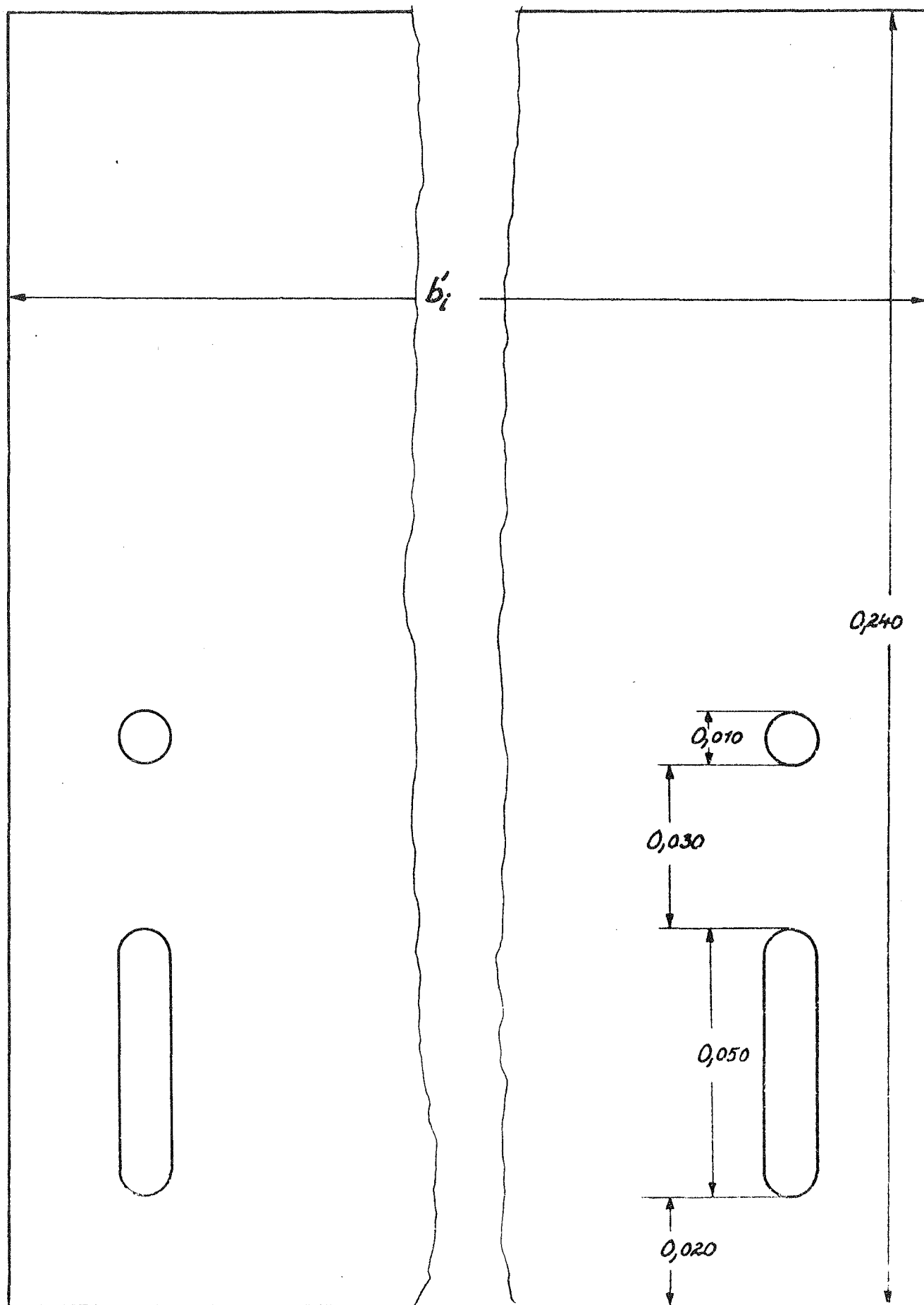
Fig. B4:1

Anordning för ernående av en viss minsta vattenföring.  
Översiktsskiss visande de flyttbara plåtarna (skenor)  
i tre olika höjdlägen (a, b, c) samt helt borttagna (d)  
Mått i meter.



Anordning för ernående av en viss minsta vattenföring.

Detaljskiss över en lös plåt (skena). Mått i meter.



till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vatten-  
system uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande.

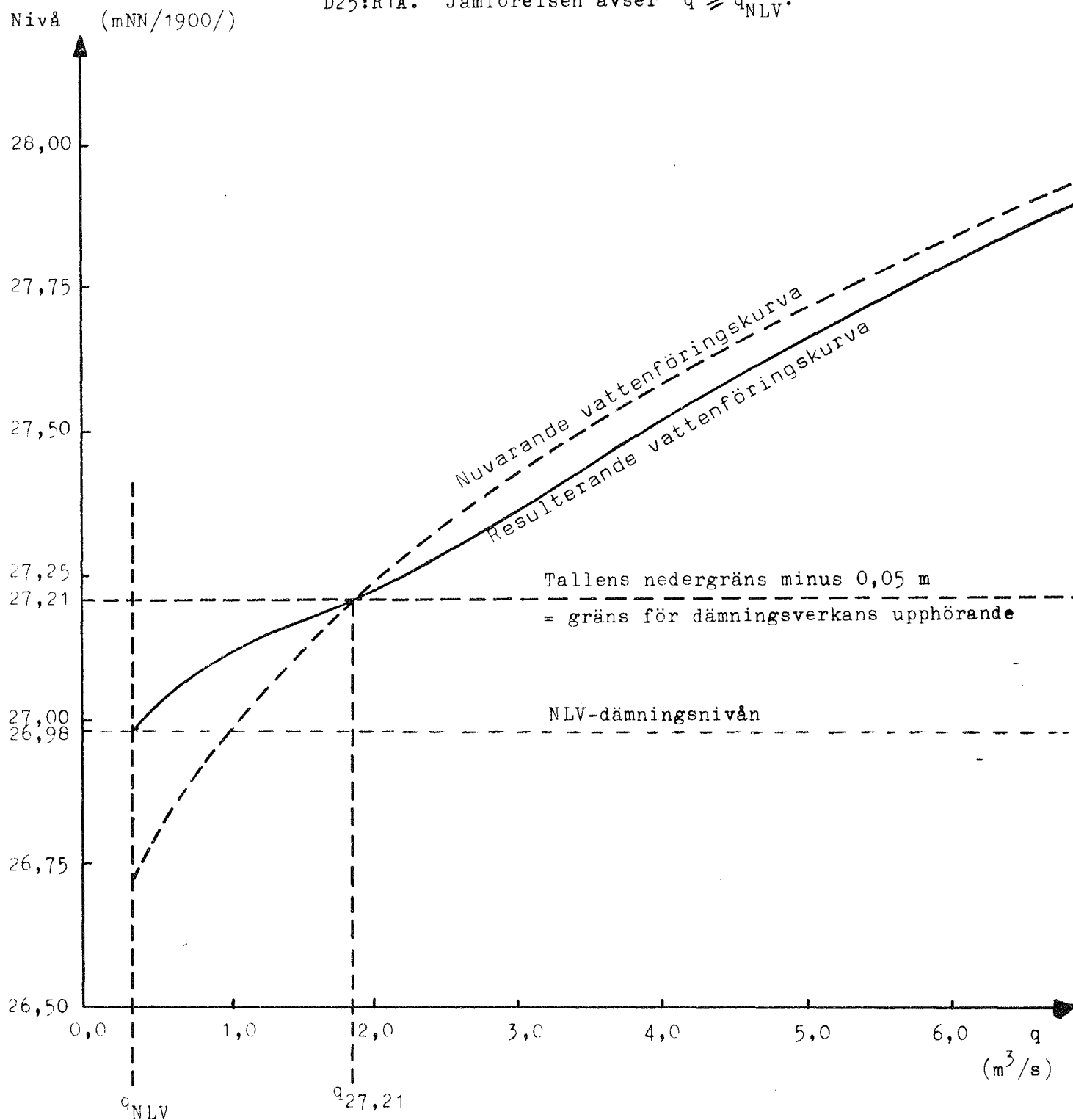
Av Anders Bjerketorp

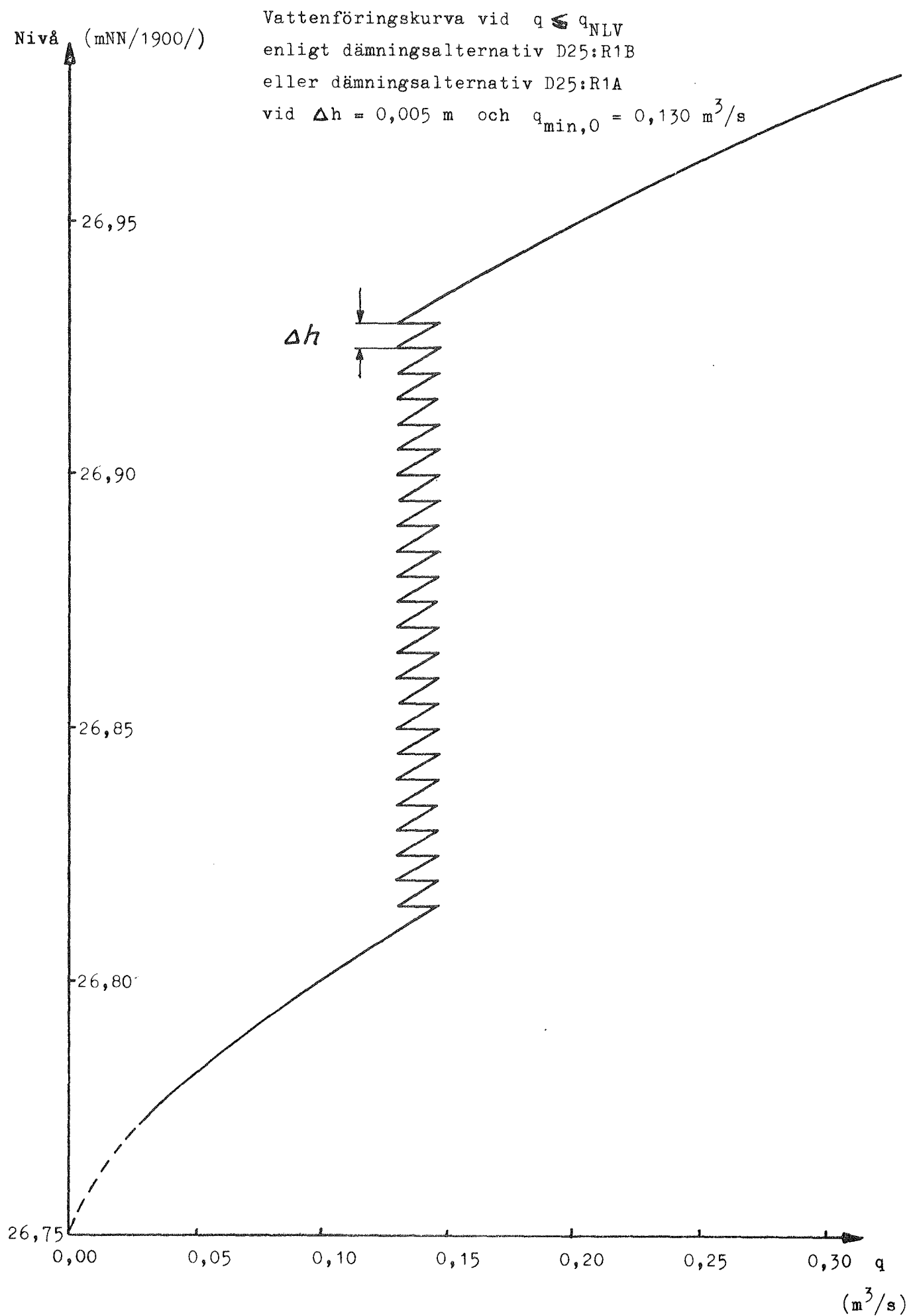
Anordning för ernående av en viss minsta vattenföring.

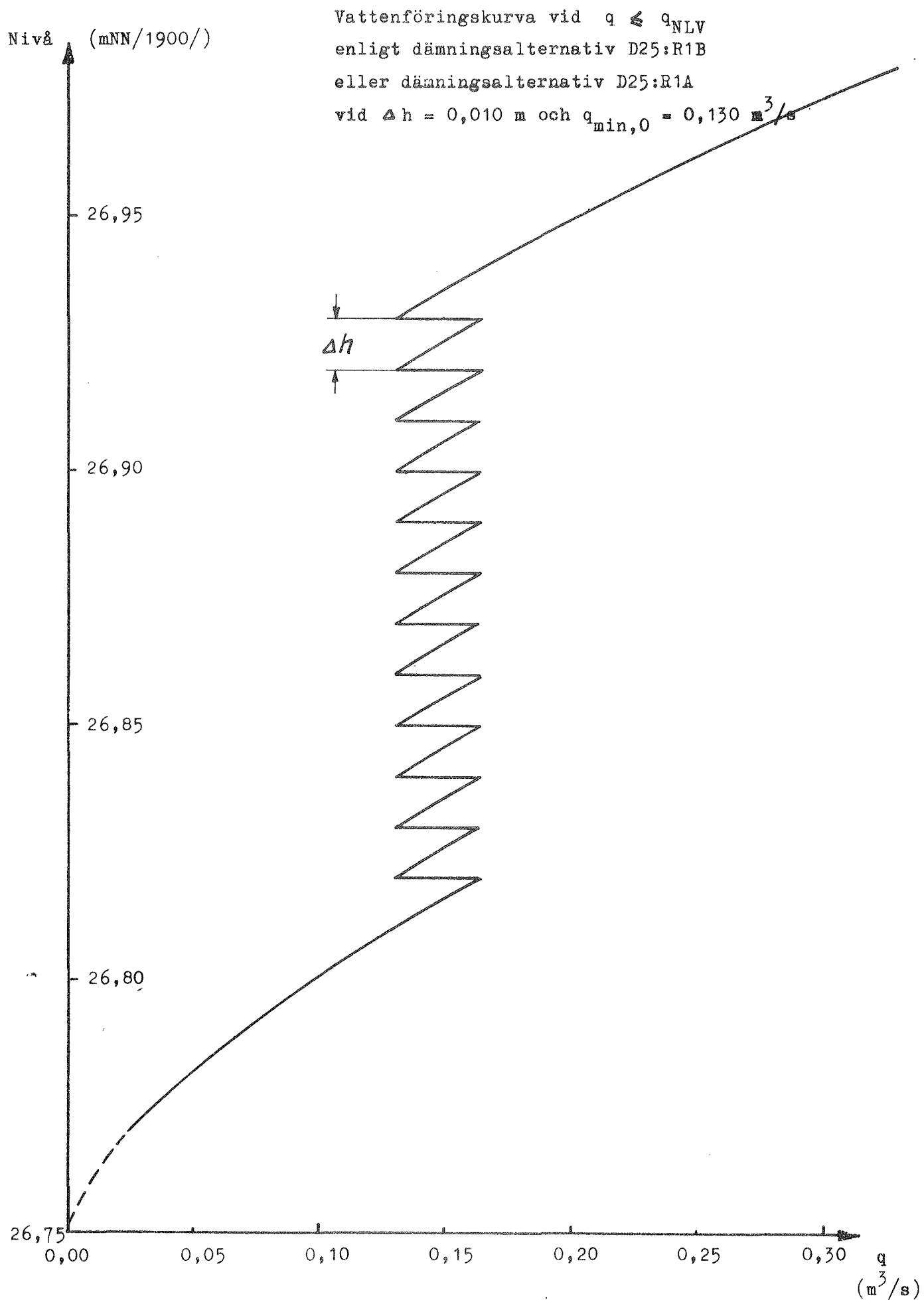
Resultterande vattenföringskurvor över och under  $q_{NLV}$  vid tillämpning på de  
reviderade värnalternativen (D25:R1B, D25:R1A, D25:39:R1B och D25:39:R1A).

Pierreslutan, Lövestabruk

Nuvarande vattenföringskurva jämförd med den resulterande kurva som uppkommer vid en kombination av uprensning av botten ned till nivån 26,00 mNN/1900/ och anläggning av överfallsvärn enligt alternativ D25:R1B eller alternativ D25:R1A. Jämförelsen avser  $q \geq q_{NLV}$ .

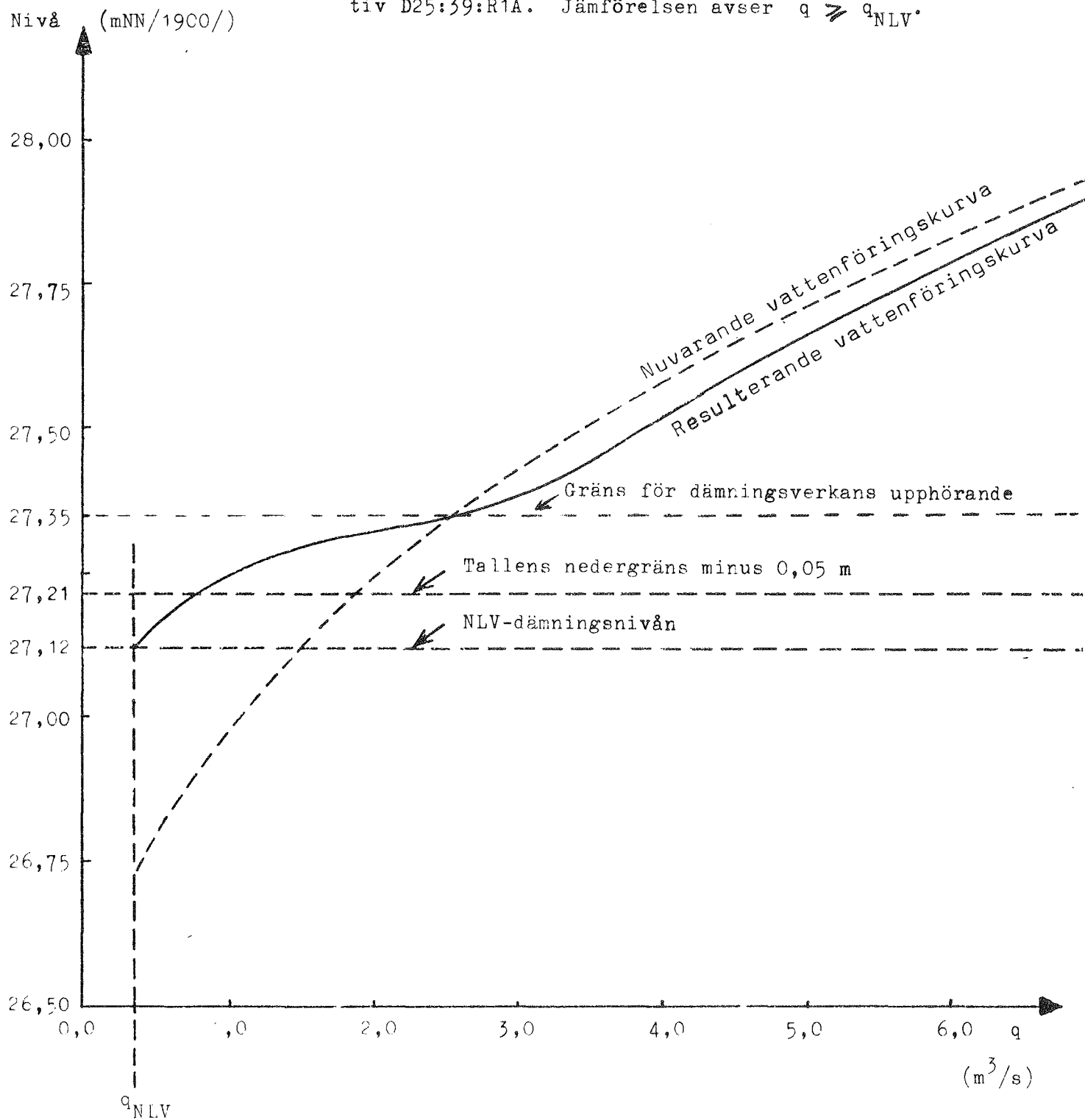


Pierreslutan, Lövestabruk

Pierreslutan, Lövstabruk

Pierreslutan, Lövstabruk

Nuvarande vattenföringskurva jämförd med den resulterande kurva som uppkommer vid en kombination av upprensning av botten ned till nivån 26,00 mNN/1900/ och anläggning av överfallsvärn enligt alternativ D25:39:R1B eller alternativ D25:39:R1A. Jämförelsen avser  $q \geq q_{NLV}$ .





Pierreslutan, Lövstabruk

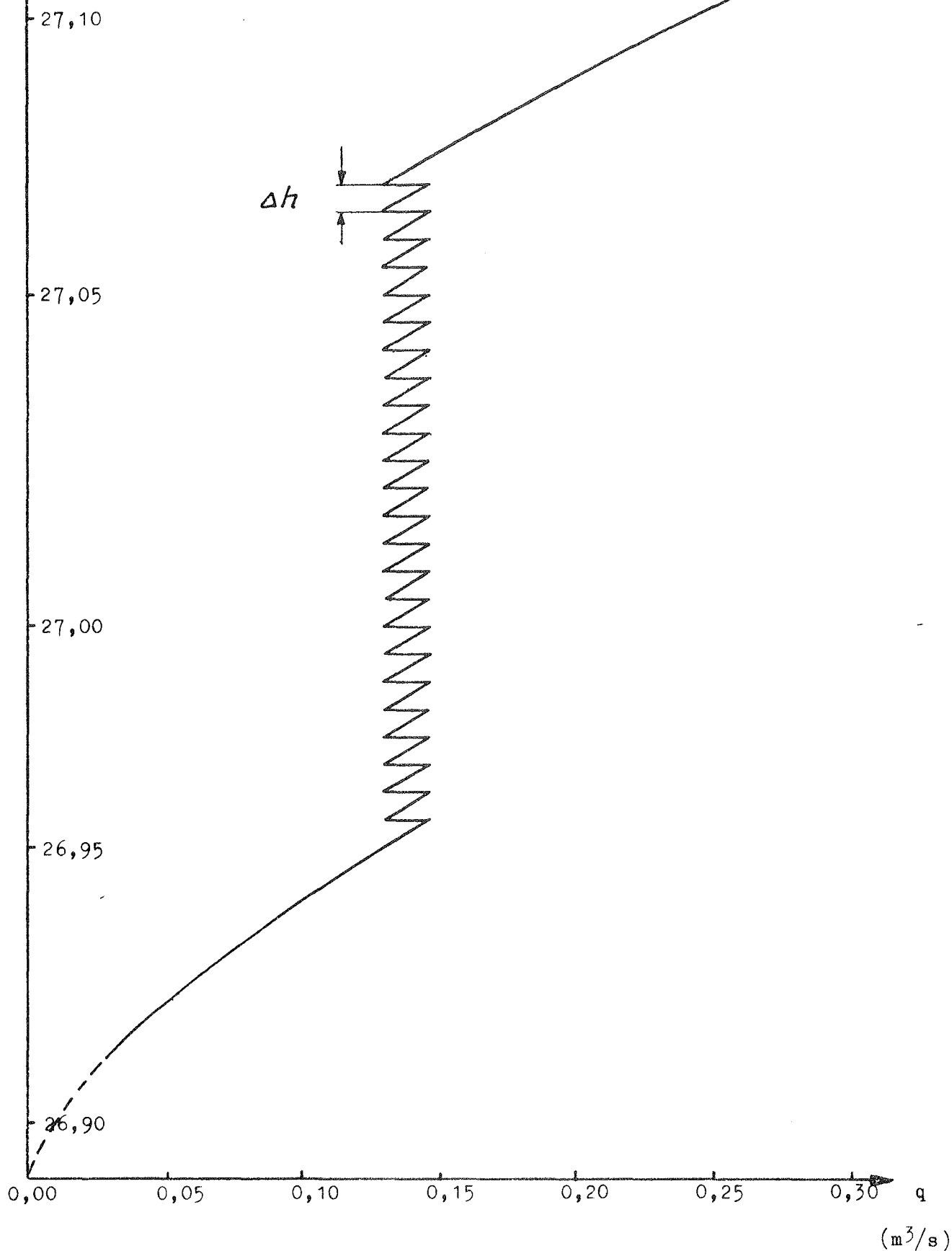
Nivå (mNN/1900/)

Vattenföringskurva vid  $q \leq q_{NLV}$

enligt däckningsalternativ D25:39:R1B

eller däckningsalternativ D25:39:R1A

vid  $\Delta h = 0,005$  m och  $q_{min,0} = 0,130$  m<sup>3</sup>/s



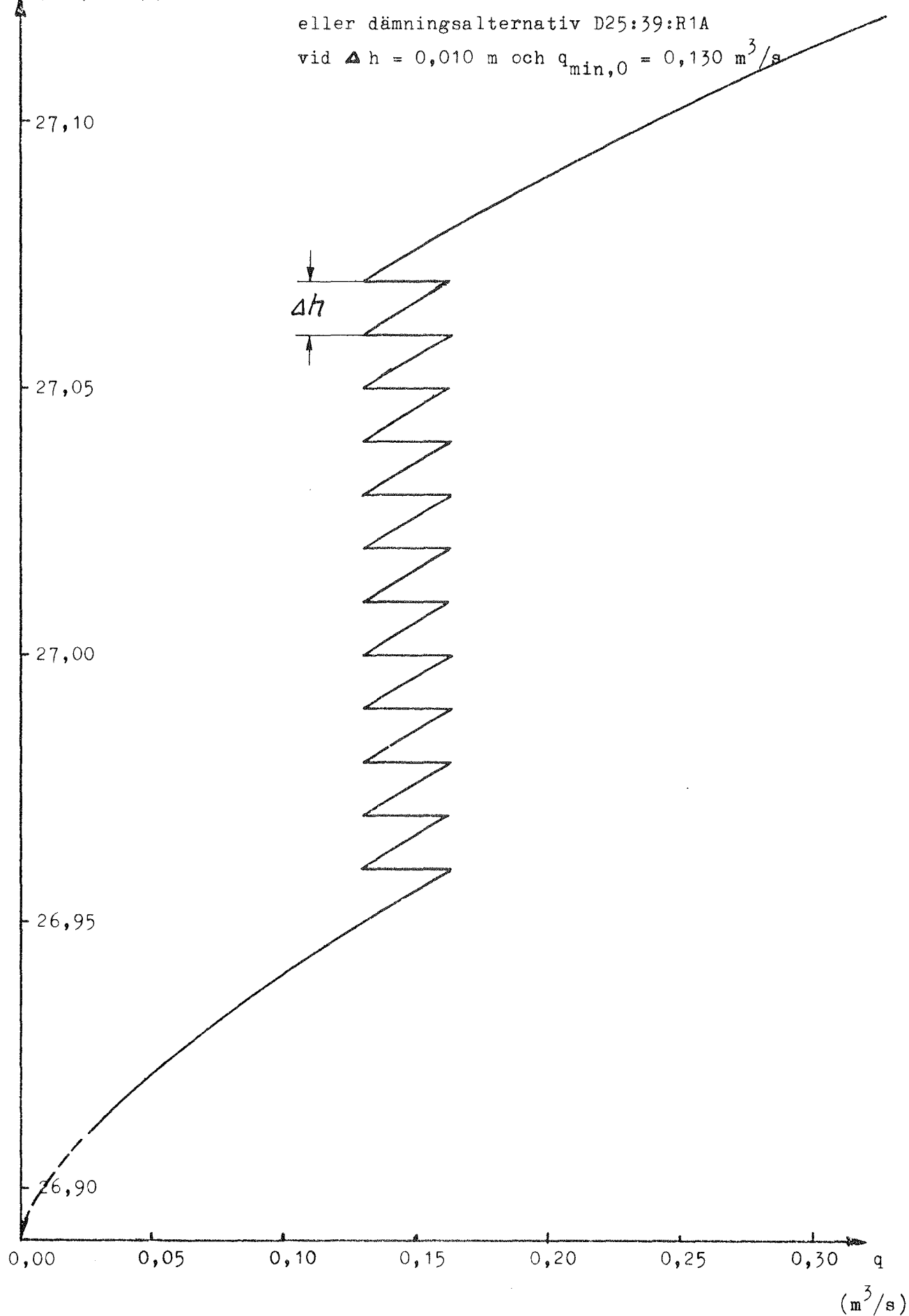
Pierreslutan, Lövstabruk  
=====Vattenföringskurva vid  $q \leq q_{NLV}$ 

enligt dämpningsalternativ D25:39:R1B

eller dämpningsalternativ D25:39:R1A

vid  $\Delta h = 0,010$  m och  $q_{min,0} = 0,130$  m<sup>3</sup>/s

Nivå (mNN/1900/)



Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan. Inst. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 1 Håkansson, A. 1952. Redogörelse för resultaten av 1951 års täckdikningsförsök. 71 sid.
- Nr 2 Håkansson, A. 1953. Redogörelse för resultaten av 1952 års täckdikningsförsök. 64 sid.
- Nr 3 Håkansson, A. 1954. Redogörelse för resultaten av 1953 års täckdikningsförsök. 84 sid.
- Nr 4 Berglund, G. & Eriksson, J. 1955. Redogörelse för resultaten av 1954 års täckdikningsförsök. 97 sid.
- Nr 5 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1956. Redogörelse för resultaten av 1955 års täckdikningsförsök. 59 sid.
- Nr 6 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1957. Redogörelse för resultaten av 1956 års täckdikningsförsök. 66 sid.
- Nr 7 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1958. Redogörelse för resultaten av 1957 års täckdikningsförsök. 56 sid.
- Nr 8 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1959. Redogörelse för resultaten av 1958 års täckdikningsförsök. 66 sid.
- Nr 9 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1960. Redogörelse för resultaten av 1959 års täckdikningsförsök. 70 sid.
- Nr 10 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1961. Redogörelse för resultaten av 1960 års täckdikningsförsök. 53 sid.
- Nr 11 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1962. Redogörelse för resultaten av 1961 års täckdikningsförsök. 59 sid.
- Nr 12 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1963. Redogörelse för resultaten av 1962 års täckdikningsförsök. 57 sid.
- Nr 13 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1964. Resultat av 1963 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 63 sid.
- Nr 14 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1965. Resultat av 1964 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 75 sid.
- Nr 15 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1966. Resultat av 1965 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 82 sid.
- Nr 16 Hallgren, G. 1940. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; Några hydrografiska och hydrotekniska studier. 30 sid.
- Nr 17 Hallgren, G. 1942. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient. 27 sid.
- Nr 18 Hallgren, G. 1943. Om sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning. 161 sid.
- Nr 19 Andersson, S. 1952. Kompendium i agronomisk hydroteknik. I: Elementär hydromekanik. 162 sid.
- Nr 20 Andersson, S. 1952. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Tabeller med kommentarer och exempel till Kompendium i elementär hydromekanik. 22 sid.
- Nr 21 Andersson, S. 1960. Kapillaritet. 115 sid.
- Nr 22 Andersson, S. 1961. Markens temperatur och värmehushållning. 25 sid.

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan. Inst. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 23    Johansson, W. 1962. Bevattningsförsök i potatis, korn och foderbetor vid Tönnersa försöksgård 1959-1961. 13 sid.
- Nr 24    Johansson, W. 1962. Metodik och erfarenheter vid användning av hålkort för undersökning av torrlägningsförhållanden och ytsänkning vid Nedre Olandsån. 10 sid.
- Nr 25    Johansson, W. 1962. Utredning för förslag till bevattningsanläggning vid Sör Salbo, Salbohed, Västmanlands län. 9 sid.
- Nr 26    Andersson, S. 1963. Skrivningar i agronomisk hydroteknik. 50 sid.
- Nr 27    Berglund, G. & Sjöberg, S. 1964. Undersökning av plaströrsdikningar. 15 sid.
- Nr 28    Håkansson, A. 1964. Anvisningar rörande täckdikning med plaströr av styv PVC. 5 sid.
- Nr 29    Berglund, G. 1966. Vattendragsförbundet: Förslag till överenskommelse och stadgar samt något om kostnadsfördelning. 19 sid.
- Nr 30    Fahlstedt, T. 1966. Kvismardalsprojektet -- en orientering samt Redogörelse för undersökning i syfte att klargöra avkastningens beroende av högvattenstånden i Kvismare kanal. 29 sid.
- Nr 31    Hallgren, G. 1966. Vattenrätt. 77 sid.
- Nr 32    Brink, N. 1966. Hydrologi. 17 sid.
- Nr 33    Jonsson, Y. 1967. Ytplanering med planersladd. 36 sid.
- Nr 34    Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1967. Resultat av 1966 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 85 sid.
- Nr 35    Nitsch, U. 1967. Om östersjövattnets användbarhet för bevattningsändamål. 35 sid.
- Nr 36    Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. 1968. Resultat av 1967 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 96 sid.
- Nr 37    Brink, N. 1968. Ansvarsfördelning vid underhåll av vattendrag inom Sagåns vattensystem. 10 sid.
- Nr 38    Håkansson, A., Johansson, W. & Fahlstedt, T. 1968. Nederbördens storlek och fördelning. En detaljstudie av nederbördsdata från 16 nederbördsstationer. 175 sid.
- Nr 39    Berglund, G. 1968. Om genomsläppligheten i återfyllning och rörfogar. 14 sid.
- Nr 40    Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1969. Resultat av 1968 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 83 sid.
- Nr 41    Brink, N. 1969. Kväve och fosfor i Sävjaån. 10 sid.
- Nr 42    Brink, N. 1969. Sagåns vatten. 33 sid.
- Nr 43    Johansson, W. 1970. Anvisningar för projektering och dimensionering av bevattningsanläggningar. 34 sid.

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan. Inst. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 44 Hallgren, G. 1970. Dränering av tomtmark, vägar, trädgårdar, kyrkogårdar, idrottsplatser, flygfält m. m. 140 sid.
- Nr 45 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1970. Resultat av 1969 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 73 sid.
- Nr 46 Berglund, G. 1971. Kalkens inverkan på jordens struktur. 10 sid.
- Nr 47 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. 1971. Resultat av 1970 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkförsök. 78 sid.
- Nr 48 Sandsborg, J. 1971. Exempelsamling i hydromekanik. 148 sid.
- Nr 49 Eriksson, J. 1971. Bevattning. Tropiskt jordbruk. 21 sid.
- Nr 50 Eriksson, J. 1971. Erosion. Tropiskt jordbruk. 27 sid.
- Nr 51 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. 1972. Resultat av 1971 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 78 sid.
- Nr 52 Andersson, S. 1972. Agrohydrologi. Skrivningar för 5 poäng med svar, lösningar och kommentarer. 100 sid.
- Nr 53 Berglund, G. 1973. Försök med påskyndad snösmältning. 11 sid.
- Nr 54 Kristiansson, L. & Sundéll, G. 1973. Studier av arbetstiden för olika bevattningssystem. 81 sid.
- Nr 55 Andersson, P.-O. & Rydén, M. 1973. Studier av arbetstiden vid ändbogsering av spridarledning. 16 sid.
- Nr 56 Berglund, G. & Hofvendahl, G. 1973. Inventering av dämningssmöggheterna inom Sävjaåns avrinningsområde. 14 sid.
- Nr 57 Berglund, G. 1973. Slamavsättning i släta och i korrugerade dräneringsrör av plast. 25 sid.

## Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst. för markvetenskap.

Avd. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 58 Bjerketorp, A. 1973. Envertikalsmetoder med flyttar- eller flygel-  
mätning för approximativ bestämning av flöde i små  
vattendrag. Preliminärt förslag. 86 sid.
- Nr 59 Bjerketorp, A. 1973. Fyra metoder för approximativ bestämning av  
flöde i små vattendrag genom mätning av vattenhastig-  
heten i en enda vertikal. 2:a översedda uppl. 20 sid.
- Nr 60 Bjerketorp, A. 1973. Några metoder för avkortad mätning och beräk-  
ning av flöde i små vattendrag. Del I: Avkortade metoder  
vid flygel-mätning: Några allmänna förutsättningar för  
mätningssproceduren och dess utvärdering. 32 sid.
- Nr 61 Andersson, Ö. & Bjerketorp, A. 1973. Vattenföringsmätning i små  
vattendrag med ytflyttare enligt en maximalytthastighets-  
metod. 7 sid.
- Nr 62 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G., Linnér, H. & Eriksson,  
J. 1973. Resultat av 1972 års täckdiknings-, bevattnings-  
och kalkningsförsök. 88 sid.
- Nr 63 Andersson, Ö. 1973. Underhåll av vattendrag. II: Maskiner och red-  
skap för mekanisk vegetationsbekämpning och slamrens-  
ning. 44 sid.
- Nr 64 Eriksson, J. 1973. Undersökning av olika typer av filter vid drä-  
nering. 14 sid.
- Nr 65 Sandsborg, J. 1973. Kompendium i elementär hydromekanik. I: Hydro-  
mekanikens grunder. 210 sid.
- Nr 66 Sandsborg, J. 1973. Kompendium i elementär hydromekanik. II: Hydro-  
mekanikens tillämpning. 116 sid.
- Nr 67 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1973. Om dikningsinten-  
siteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök  
med olika dikesavstånd. I: Stockholms och Uppsala län.  
68 sid.
- Nr 68 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1973. Om dikningsinten-  
siteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök  
med olika dikesavstånd. II: Södermanlands och Östergöt-  
lands län. 81 sid.
- Nr 69 Linnér, H., Sundéll, G. & Johansson, W. 1974. Arbetsbehov, investe-  
ring och årskostnader för olika bevattningssystem. 58 sid.
- Nr 70 Andersson, Ö. 1974. Underhåll av vattendrag. III: Kemisk vegeta-  
tionsbekämpning. 15 sid.
- Nr 71 Andersson, Ö. 1974. Föroreningsbelastning i vattendrag och risker  
vid bevattning med förorenat vatten. 33 sid.
- Nr 72 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1974. Om dikningsinten-  
siteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök  
med olika dikesavstånd. VI: Skaraborgs län.
- Nr 73 Bjerketorp, A. 1974. Beräkning av dämningsskurvor enligt Bakhemeteff-  
Felkels integreringsförfarande. Del I: Introduktion samt  
översiktstabell över enhetsdämningssvidder. sid.

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst. för markvetenskap

Avd. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 74 Bjerketorp, A. 1974. Beräkning av dämningsskurvor enligt Bakhemeteff-Felkels integreringsförfarande. Del II: Detaljtabeller över enhetsdämningssvidder.
- Nr 75 Bjerketorp, A. 1974. Höjning av nivåerna vid lågvattenförling i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning. 56 sid.
- Nr 76 Bjerketorp, A. 1974. Några metoder för avkortad mätning och beräkning av flöde i små vattendrag. Del II: Avkortade metoder vid flygelmätning: Vertikalmedelhastighetsbestämning; Historisk och teoretisk översikt.
- Nr 77 Bjerketorp, A. 1974. Rörledningars vattenförlande förmåga beräknad på fem olika sätt. Tabeller och kommentarer.
- Nr 78 Bjerketorp, A. 1974. Kyrkogårdsdränering. Uppgifter och kommentarer för övningskurs för landskapsarkitektstuderande. 5:e, översedda uppl.
- Nr 79 Andersson, Ö. 1974. Energiutbyte inom lantbruket, speciellt med avseende på bevattning. 8 sid.
- Nr 80 Bjerketorp, A. 1974. Höjning av nivåerna vid lågvattenförling i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande. 38 sid.



Denna skriftserie, benämnd Stenciltryck, utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik vid Institutionen för markvetenskap, Lantbrukshögskolan. Serien utkommer i fri följd och innehåller undersökningsresultat och annat material, som avdelningen funnit angeläget att redovisa, men som av olika anledningar ej befunnits möjligt att framlägga i tryck, exempelvis i den från institutionen utgivna tidskriften Grundförbättring. Sådana anledningar kan vara att ett arbete är för omfångsrikt att trycka, är av mera preliminär natur eller vänder sig till en för liten grupp av läsare.

Serien finns tillgänglig vid avdelningen, och enskilda nummer kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Lantbrukshögskolan, Inst. för markvetenskap, Avd. för lantbrukets hydroteknik, 750 07 Uppsala 7.

Address: Agricultural College of Sweden, Dept. of Soil Science, Div. of Agr. Hydrotechnics, S-750 07 Uppsala 7, Sweden.